

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 101 02 616 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
H 04 B 7/08

⑯ Innere Priorität:  
100 07 301.8 17. 02. 2000

⑯ Anmelder:  
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 82152 Planegg,  
DE

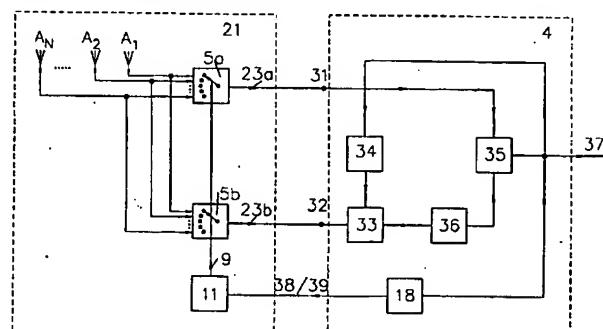
⑯ Erfinder:  
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 82152 Planegg,  
DE; Hopf, Jochen, Prof. Dr.-Ing., 85540 Haar, DE;  
Reiter, Leopold, Dr.-Ing., 82205 Gilching, DE

DE 101 02 616 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Antennendiversityanlage mit phasengeregelter Summation von Antennensignalen

⑯ Die Erfindung betrifft eine Antennendiversityanlage zum Empfang des frequenzmodulierten Rundfunks mit phasengeregelter Summation von Antennensignalen für Fahrzeuge mit einer Mehrantennenanlage (21) mit mindestens zwei Antennenausgangssignalen und einer Empfangseinrichtung (4) mit je einem Eingang für einen ersten (31) und einen zweiten (32) Empfangssignalpfad, von denen der zweite der beiden Empfangssignalpfade eine durch eine Phasenregeleinrichtung (34) gesteuerte Phasendrehseinrichtung (33) enthält, an deren Ausgang das Empfangssignal die gleiche Phase besitzt wie im ersten Signalpfad (31) und die beiden Empfangssignale (23a, 23b) in einem Summationsglied (35) phasengleich summiert sind und das summierte Signal (37) der Frequenzmodulation zugeführt ist. Die Mehrantennenanlage (21) enthält eine steuerbare logische Schalteinrichtung (11), bei der mit unterschiedlichen Schaltstellungen der Auswahlschalter (5) jeweils ein diversitätsmäßig unterschiedliches Empfangssignal (23) an mindestens einen der beiden Eingänge der Empfangseinrichtung (4) zugeführt ist und das summierte Signal (37) einem Störungsdetektor (18) zur extrem raschen Erkennung eines durch Frequenzstörhub gestörten Summensignals (37) zugeführt ist, dessen Störungserkennungssignal (38) bei Vorliegen einer Empfangsstörung die logische Schalteinrichtung (11) in eine andere Schaltstellung weiterschaltet und die Phasenregeleinrichtung (34) Tiefpaßcharakter zur Begrenzung der Phasenregelgeschwindigkeit besitzt.



DE 101 02 616 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Antennendiversityanlage zum Empfang des frequenzmodulierten Rundfunks mit phasengeregelter Summation von Antennensignalen für Fahrzeuge mit einer Mehrantennenanlage mit mindestens zwei Antennen ausgangssignalen und einer Empfangseinrichtung mit je einem Eingang für einen ersten und einen zweiten Empfangssignalpfad, von denen der zweite der beiden Empfangssignalpfade eine durch eine Phasenregeleinrichtung gesteuerte Phasendrehreinrichtung enthält, an deren Ausgang das Empfangssignal die gleiche Phase besitzt wie im ersten Zweig und die beiden Empfangssignale in einem Summationsglied phasengleich summiert sind und das summierte Signal der Frequenzdemodulation zugeführt ist.

Antennendiversityanlagen dieser Art werden bevorzugt für den UKW-Rundfunkempfang eingesetzt und sind seit langem bekannt, z. B. aus der US 4079318 sowie aus dem US-Patent 5,517,696. Diese Diversitysysteme zielen darauf ab, durch gleichphasige Überlagerung zweier oder auch mehrerer Antennensignale ein größeres Nutzsignal zu erzielen als mit einer Einzelantenne, um so im Gebiet mit Mehrwegeausbreitung die Wahrscheinlichkeit von Pegeleinbrüchen zu reduzieren. Damit ergibt sich im Summensignal ein in Bezug auf das Empfängerrauschen im Mittel günstigeres Signalrauschverhältnis. Die einwandfreie Wirkungsweise einer derartigen Antennendiversityanlage ist jedoch darauf beschränkt, dass die am Empfangsort sich überlagernden Teilwellen (Rayleigh-Empfangsfeld) sich in ihrer Momentanfrequenz nur unwesentlich unterscheiden, so dass sich daraus keine hörbaren Empfangsstörungen ergeben. In Empfangssituationen, wie sie z. B. in Fig. 1 dargestellt sind, bei denen sich Wellenbündel mit unterschiedlichen Laufzeiten  $\tau_0$  bis  $\tau_3$  am Empfangsort überlagern, sind die empfangenen Teilwellen nicht mehr gleichfrequent und führen durch die Überlagerung zu Frequenzstörhüben, die nach der Frequenzdemodulation während der Fahrt häufig zu spontan auftretenden Störgeräuschen führen. Die Wellenbündel mit den unterschiedlichen Laufzeiten überlagern sich am Empfangsort jeweils nach Maßgabe einer Rayleigh-Verteilung, welche sich bei den unterschiedlichen Antennen am Fahrzeug unterschiedlich auswirkt, so dass auch die Antennensignale zweier Diversityantennen am Fahrzeug insbesondere im Bereich des Pegelfadings unterschiedliche Momentanfrequenz besitzen können. Die Differenz dieser Frequenzen ist durch die Frequenzmodulation des hochfrequenten Trägers bedingt und ist in der Regel sehr groß und der daraus resultierende Phasenunterschied müsste von dem Phasendrehglied im zweiten Signalpfad ausgeregelt werden, wenn das Signal im ersten Signalpfad keinen Frequenzstörhub besitzt. Andererseits würde bei schneller Phasenregelung ein auf dem ersten Signalpfad gestörtes Signal durch den Regelvorgang seine Störung auf den zweiten Signalpfad aufprägen und somit die Störung im Summensignal erzwingen. Ein weiterer Nachteil dieses Systems ist die Begrenzung auf zwei Antennensignale, so dass keine ausreichende diversitätsmäßige Wirkung mit diesem System zu erzielen ist. Auf ähnliche Weise wirken Nachbarkanalstörungen aufgrund einer begrenzten Selektion in der Zwischenfrequenzebene. Auch durch Intermodulation anderer UKW-Sender im Empfangskanal auftretende Signale bewirken in Verbindung mit Pegeleinbrüchen Frequenzhubstörungen auf dem Nutzsignal, welche mit dem Phasenregelsystem nicht eliminiert werden können.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb bei einer Antennendiversityanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, diese Nachteile zu vermeiden, kostengünstig die Anzahl der wirksamen Antennensignale zu erhöhen und dadurch die

## Diversity-Effizienz zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst.

Ein besonders wichtiger Vorteil, der mit der Erfindung einhergeht, ist die Einsetzbarkeit einer Vielzahl von Antennen bzw. Antennensignalen bei der auf zwei begrenzten Anzahl von phasengesteuerten Signalpfaden. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten gestörter Empfangssignale drastisch reduziert. Das Ausmaß der mit der Erfindung erreichbaren Signalverbesserung wird weiter unten anhand eines Beispiel näher erläutert. Der notwendige technische Aufwand bleibt dabei äußerst gering, da er sich auf elektronische Umschaltmaßnahmen und intelligente Elektronikschaltungen beschränkt, welche infolge der hochintegrierten Schaltungen preiswert eingesetzt werden können. Vorteilhafterweise kann diese Leistungssteigerung des Systems ohne zusätzliche äußerst aufwendige Frequenzumsetzer und Phasenregelkreise erreicht werden. Darüber hinaus lassen sich mehrere Phasenregelkreise hinsichtlich ihrer Regeleigenschaften nur schwer beherrschen und komplizieren das System zusätzlich. Selbst für den Fall, dass zumindest ein Antennensignal unter den verfügbaren ungestört ist wird der Störungsdetektor 18 in der vorliegenden Erfindung solange Störungserkennungssignale 38 nach jedem Umschaltvorgang abgeben, bis an beiden Eingängen 31 und 32 dasselbe und einzige ungestörte Empfangssignal vorliegt, welches in der Empfangseinrichtung 4 zu einem ungestörten summierten Signal 37 führt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Empfangssituation in einem durch Mehrwegeausbreitung gestörten Wellenfeld.

Fig. 2 Antennendiversityanlage nach der Erfindung mit einer Antennenanlage mit Schalteinrichtung 21, einer Empfangseinrichtung 4 mit dem Signalpfad 1 31 und Signalpfad 2 32 und einer Schalteinrichtung 11, welche alle Empfangssignale 23 gleichzeitig für beide Signalpfade 31, 32 zur Verfügung stellen kann. In der Empfangseinrichtung 4 befindet sich ein Phasenregelkreis, bestehend aus einem Phasenregler mit Tiefpaß-Charakter 34 und einem Phasendrehglied 33 zur gleichphasigen Summation der Signale im Summationsglied 35. Das summierte Ausgangssignal 37 ist neben dem FM-Empfänger 1 zum einen dem Phasenregler mit Tiefpaß-Charakter 34 zur Phasenregelung und zum anderen einem Störungsdetektor 18 zur schnellen Störerkennung zugeleitet, so dass mit dem Störerkennungssignal 38 über Schalteinrichtung 11 mindestens einem der beiden Signalpfade 31, 32 ein anderes Empfangssignal 23 zugewiesen wird.

Fig. 3 Anordnung wie in Fig. 2, jedoch mit komplexer Antennenanlage mit Schalteinrichtung 21 zur Erzeugung zusätzlicher unterschiedlicher Antennensignale durch mit Schaltern 8 wechselweise über Auswahlschalter 5 angeschaltete, beispielsweise einseitig mit der Masse 3 verbundene Blindwiderstände 7.

Fig. 4 Anordnung wie in Fig. 2 mit Signalsummation im Zwischenfrequenzbereich nach den vom gemeinsamen Oszillator 6 angesteuerten Mischern 2 der Empfangseinrichtung 4 mit einem Signalbewertungsprozessor 26, in welchem ein Störungsdetektor 18, ein Zeitglied 27 zur Feststellung der Zeitabstände zwischen auftretenden Störungen und eine Logikschaltung 14 zur Ansteuerung der Schalteinrichtung 11 und zur Umschaltung vom Phasen-Modus auf den Scanning-Modus enthalten sind. Die Umschaltung erfolgt durch Auftrennung eines der beiden Signalpfade mit dem Signalpfadschalter 16 und Stillegung des Phasenreglers mit Tiefpaß-Charakter 34 durch das Phasenstellsignal 25 bei zu großer Störhäufigkeit im summierten Ausgangssignal 37. Bei hinreichend geringer Störhäufigkeit im Ausgangssignal

37 im Scanning-Modus schaltet das System zurück in den Phasen-Modus.

Fig. 5 Anordnung wie in Fig. 4, jedoch mit einem durch das Taktsignal 24 getakteten Signalpfadselektor 15 zur getrennten Prüfung sowohl der Signale in den beiden Signalpfaden 31, 32 als auch des summierten Ausgangssignals 37 am Ausgang des Summationsglieds 35. Im Phasen-Modus wird mit Hilfe der Logikschaltung 14 bei zu großer Störhäufigkeit im summierten Ausgangssignal 37 auf den Scanning-Modus umgeschaltet und im Signalpfad 31 ein Empfangssignal 23a mit hoher Priorität aus einer Prioritätsliste angeschaltet. Letztere wird im Signalpfad 2 durch sequentielles Anschalten und Prüfen der Störhäufigkeit abgelegt aller verfügbaren Empfangssignal 23b in der Logikschaltung 14 abgelegt und laufend aktualisiert. Bei der Umschaltung in den Phasen-Modus werden zunächst die beiden besten aller verfügbaren Empfangssignale 23 gemäß der Prioritätsliste den Signalpfaden 31, 32 zugewiesen; bei weiteren Störungen im summierten Ausgangssignal 37 wird stets das schlechtere der beiden Empfangssignale 23 durch ein anderes ersetzt.

Fig. 6 Anordnung wie in Fig. 5, jedoch mit einem Störungsdetektor mit besserer Auflösung 18b und treffsicherer Reihung der Empfangssignale 23b in der Prioritätsliste und einem Störungsdetektor mit extrem schneller Anzeige 18a zur Vermeidung zu langer Prüfzeiten im Summensignalpfad 43 und der damit verbundenen hörbaren Störung.

Fig. 7 Anordnung wie in Fig. 6, jedoch mit zwei getrennten Störungsdetektoren mit besserer Auflösung 18b, c zum Zwecke der permanenten Verfügbarkeit des Störungsanzeigesignals 10 zur Verbesserung der Prioritätsliste im Scanning-Modus und zur verbesserten Anzeige des besseren Signals im Phasen-Modus.

Fig. 8 Anordnung nach der Erfundung mit einer Empfangseinrichtung 4 mit jeweils einem I-Frequenzumsetzer 44 und einem Q-Frequenzumsetzer 45 in den beiden Signalpfaden 1, 2 31, 32 und Summationsgliedern 35 für die Rückbildung der frequenzmodulierten Signale in den Signalpfaden 1, 2 31, 32 und im Summensignalpfad 43 zur schnellen Detektion der Störung mit analog arbeitenden Störungsdetektoren 18. Die Phasendrehung erfolgt durch getrennte Bewertung der zwischenfrequenten I- und Q-Signale im Phasendrehglied 33. Im DSP 41 werden die Signale  $\Sigma Q$  und  $\Sigma I$  getrennt digitalisiert und das Phasendrehglied 33 vom Phasenregler mit Tiefpaß-Charakter 34 vorzugsweise digital angesteuert.

Fig. 9 Diversity-Effizienz einer linearen Antennengruppe in Abhängigkeit von dem auf die Wellenlänge bezogenen Abstand zwischen den Elementen für folgende Fälle:

PhaseDiv\_2Ant: Anordnung im Phasen-Modus mit zwei Antennen,

ScanDiv\_2Ant: Anordnung im reinen Scanning-Modus mit zwei Antennen,

ScanDiv\_4Ant: Anordnung in reinen Scanning-Modus mit vier Antennen,

ScanPhaseDiv\_4Ant: Anordnung nach der Erfundung im Phasen-Modus mit jeweils den beiden am wenigsten gestörten Antennensignalen aus vier verfügbaren Antennensignalen.

Die grundsätzliche Anordnung einer Diversityantennenanlage nach der Erfundung ist in Fig. 2 dargestellt. Die Empfangseinrichtung 4 besitzt einen ersten Signalpfad 31 und einen zweiten Signalpfad 32, in dem eine Phasendrehleinrichtung eingeschaltet ist. Im Übertragungsblock 36 wird nach dem Stand der Technik das Signal im zweiten Empfangssignalpfad mit einer Hilfsmodulation beaufschlagt, mit dessen Hilfe die Phasendrehleinrichtung 33 durch eine Phasenregelteinrichtung 34 derart angesteuert ist, dass am Ausgang des Summationsglieds 35 die Signale im ersten Empfangspfad

und im zweiten Empfangspfad gleichphasig summiert sind. In der Mehrantennenanlage 21 sind steuerbare Schalter 5 enthalten, mit deren Hilfe abhängig von den Schaltstellungen der steuerbaren Schalter 5 jeweils Signale 23a bzw. 23b an den ersten 31 und den zweiten 32 Empfangssignalpfad geführt sind. Somit werden jeweils zwei dieser Antennensignale mit Hilfe der Empfangssignalpfade gleichphasig summiert, wobei diese Summation sowohl in der Ebene des hochfrequenten Eingangssignals als auch in der Zwischenfrequenzebene erfolgen kann.

Um die von der Phasendrehleinrichtung 33 nicht ausregelbaren Frequenzhubstörungen im summierten Signal 37 zu vermeiden, wird dieses Signal einem Störungsdetektor 18 zur extrem raschen Erkennung des durch Frequenzstörhub gestörten Summensignals zugeführt, dessen Störungserkennungssignal 38 wiederum einer steuerbaren logischen Schalteinrichtung 11 zugeführt ist, welche in der Mehrantennenanlage 21 durch Wahl einer unterschiedlichen Schaltstellung der Schalter 5a bzw. 5b an mindestens einem der Eingänge 31 bzw. 32 ein anderes Empfangssignal liefert: Das rasche Weiterschalten der Schalter 5a bzw. 5b bewirkt, dass der Phasenregelkreis zunächst außer Tritt kommt.

Um sicherzustellen, dass sich durch das erneute Einschwingen des Phasenregelkreises durch die Phasendrehleinrichtung 33 keine zu schnellen Phasenänderungen ergeben, deren zeitliche Ableitung einen hörbaren Frequenzstörhub erzeugen würde, ist es deshalb erfundsgemäß notwendig, der Phasenregeleinrichtung 34 den Charakter einer Tiefpaßübertragungsfunktion zu geben, d. h. die maximale Phasenänderungsgeschwindigkeit ist so einzustellen, dass sich auch im Fangbereich der Phasenregelung keine hörbaren Frequenzstörhübe dabei ergeben können. Andererseits darf die Phasenregelgeschwindigkeit nicht so begrenzt werden, dass die bei einer Fahrt durch das Rayleigh-Empfangsfeld sich ergebenden Phasenänderungen von im Frequenzhub ungestörten Signalen 23a und 23b der Phasenregelkreis der erforderlichen Phasenänderung zur gleichphasigen Überlagerung der Signale im Summationsglied 35 nicht mehr folgen kann. Hierfür sind Zeitkonstanten in der Größenordnung von 1 bis 20 msec zweckmäßig. Während der Einschwingzeit des Regelkreises für das neue Paar von Antennensignalen entstehen dann keine zusätzlichen Störungen, sondern das Zeitverhalten des Signals 37 ist während dieser Zeit vergleichbar mit dem Empfang im Rayleigh-Empfangsfeld. Auch für den Grenzfall, dass die Phasenregeleinrichtung nicht einschwingen kann, wird somit aufgrund der Signalaufschaltung mit Hilfe des Störungsdetektors 18 mit Hilfe der Vielzahl von Antennen für ein störungsfreies Signal 37 gesorgt.

In Fig. 3 ist eine komplexere und allgemeiner ausgestaltete Mehrantennenanlage 21 dargestellt, mit deren Hilfe durch Umschaltung von Impedanzen 7a bis 7d mit Hilfe der Schalter 8a bis 8d die unterschiedlichsten Signalpaare 23a bzw. 23b den Empfangssignalpfaden 31 bzw. 33 zugeführt werden.

Mit Diversitysystemen erreicht man eine erhebliche Verbesserung der Empfangsqualität. Diese ergibt sich aus der Diversity-Effizienz, die sich wiederum aus der Reduzierung der Störhäufigkeit durch das Diversitysystem ermitteln lässt. Hierbei ist die Diversity-Effizienz  $n$  als die äquivalente Anzahl voneinander unabhängiger, d. h. dekorrelierter Antennensignale definiert. Bezeichnet man die in einem einzelnen Antennensignal auftretende Störwahrscheinlichkeit mit  $p_e$ , dann ist die im Empfänger des Diversitysystems mit der Diversity-Effizienz  $n$  auftretende Störwahrscheinlichkeit  $p_d = p_e^n$ . Mit dieser Definition können verschiedene Systeme hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit miteinander verglichen werden. Die Diversity-Effizienz  $n$  mehrerer Diversity-

steme ist für das Beispiel von bis zu vier im relativen Abstand drel voneinander in einer Linie positionierten Antennen mit Rundstrahlcharakteristik in Abhängigkeit von drel = Abstand/ $\lambda$  in Fig. 9 für den sehr häufig auftretenden Fall von Gleich- bzw. Nachbarkanalstörungen gegenübergestellt.

Würde man z. B. das System in Fig. 2 bei abgeschaltetem Störungsdetektor 18, also nach dem Stand der Technik ausschließlich mit Phasenregelung betreiben und wären die beiden Empfangssignale 23 von zwei im Abstand drel positionierten Antennen mit Rundcharakteristik fest aufgeschaltet, so ergäbe sich die als PhaseDiv\_2Ant gekennzeichnete Kurve für die daraus resultierende Diversity-Effizienz in Fig. 9. Im Vergleich hierzu geht die Diversity-Effizienz eines reinen Scanning-Diversitysystems mit denselben beiden Antennen aus der Kurve ScanDiv\_2Ant hervor. Die mit ScanDiv\_4Ant bezeichnete Kurve in Fig. 9 beschreibt die Diversity-Effizienz der auf vier Antennen erweiterten und in einer Linie angeordneten Antennengruppe. Daraus ist ersichtlich, dass durch die zur Verfügungstellung mehrerer Antennen die Diversity-Effizienz stark ansteigt und bei hinreichend großen Abständen nahezu die numerische Anzahl der Antennen erreichen kann.

Die Verbesserung, die sich mit der gemäß der vorliegenden Erfindung über den Stand der Technik hinaus erreichen lässt, ist z. B. für die beschriebene Antennengruppe in Fig. 9 durch die mit ScanPhaseDiv\_4Ant beschrieben. Je nach Abstand zwischen den Einzelstrahlern der Antennengruppe lässt sich im vorgegebenen Beispiel im reinen 4-Antennen-Scanning-Betrieb durch Anwendung der Erfindung die Diversity-Effizienz um den Wert 1,5 steigern. Aufgrund des exponentiellen Gesetzes  $p_d = p_e^n$  würde sich bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von  $p_e = 0,1$  die Fehlerwahrscheinlichkeit für das erfindungsgemäße Antennensystem ausgähend vom reinen Scanning-Betrieb um den weiteren Faktor von  $p_e^{1,5} = 0,03$  reduzieren. Ähnliche Verbesserungen lassen sich auch mit 4 kompakt auf der Fensterscheibe eines Kraftfahrzeugs angeordneten Antennen erreichen, deren unterschiedliches Empfangsverhalten trotz der Nähe zueinander aus dem unterschiedlichen Zusammenwirken mit der Fahrzeugkarosserie resultiert. Hinzu kommt aufgrund der reduziert auftretenden Störungen im summierten Ausgangssignal 37 eine Reduzierung der dort wirksamen Schalthäufigkeit und in der Folge ein subjektiv empfundener ruhigerer UKW-Empfang, wenn die Erfindung, wie im folgenden gezeigt, vorteilhaft ausgestaltet wird. Ferner ergibt sich im Phasenmodus jeweils die erwünschte Verbesserung des Signal-Rauschverhältnisses durch die gleichphasige Überlagerung der Nutzsignale in den beiden Signalpfaden. Die vorliegende Erfindung lässt sich ebenso auf alle bekannten Diversitysysteme mit Phasenregelung anwenden, d. h. auf Systeme mit Maximum-Ratio-Regelung oder ganz allgemein mit einer Regelung der Phase im Hinblick auf ein optimales Nutz-Störverhältnis im summierten Ausgangssignal 37 auch bezüglich Nachbarkanal- und Gleichkanalstörungen.

Als obere Grenzfrequenz für das Phasenstellsignal 25 hat sich in der Praxis bei bestehenden Systemen etwa 50 Hz für den Empfang im UKW-Rundfunkbereich als günstig erwiesen. Damit ist die Regelzeit TE nicht kleiner als ca. 20 ms. Die vorliegende Erfindung nutzt die Tatsache, dass in der Antennenanlage mit Schalteinrichtung 21 eine größere Anzahl als zwei Empfangssignale verfügbar sind. In Empfangsgebieten mit schlechter Versorgung d. h. mit großer Störhäufigkeit in den einzelnen Antennensignalen und somit auch in dem aus jeweils zwei dieser Antennensignale gebildeten Summensignal liefert die phasengleiche Summation solcher Signale praktisch keinen Vorteil. Denn in diesen Gebieten besteht zwischen aufeinanderfolgenden Störanzeigen

für den Regelkreis nicht genügend Zeit einzuschwingen. In solchen Empfangssituationen ist es wesentlich vorteilhafter, auf die Summenbildung durch Abschalten eines Signalpfads zu verzichten und mit Hilfe eines schnell anzeigenden Störungsdetektors 18 dem verbleibenden Signalpfad 1, 2 31, 32 nach Auftreten jeder Störung ein anderes Empfangssignal 23 zuzuführen. Damit läuft das System im reinen Scanning-Modus.

Um eine sinnvolle Nutzung der beiden Signalpfade in den Gebieten mit unterschiedlicher Störhäufigkeit der Antennensignale zu gewährleisten, wird in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung zwischen dem Phasen-Modus mit der Zuweisung unterschiedlicher Antennen nach den im folgenden geschilderten Strategien und dem reinen Scanning-Modus umgeschaltet. Wenn das Antennensystem im Scanning-Modus gestartet wird, d. h. der Signalpfad 2 in Fig. 4 durch Öffnen des Signalpfadschalters 16 abgeschaltet ist, dann wird durch das Phasenstellsignal 25 der Phasenregler mit Tiefpaß-Charakter 34 stillgelegt und der FM-Empfänger 1 erhält am Ausgang des Summationsglieds 35 ausschließlich das Empfangssignal 23a. Bei Auftreten einer Störung im summierten Ausgangssignal 37 wird über die Logikschaltung 14 ein Adresssignal 39 generiert, welches über die Schalteinrichtung 11 ein anderes Empfangssignal 23a durchschaltet. Mit dem Störerkennungssignal 38 wird jeweils ein im Signalbewertungsprozessor 26 befindliches Zeitglied 27 aktiviert, mit dessen Hilfe die Zeit bis zum darauffolgenden Störerkennungssignal 38 festgestellt wird. Erfindungsgemäß ist ein Übergang vom Scanning-Modus in den Phasen-Modus dann zweckmäßig, wenn über eine hinreichende Anzahl solcher Sequenzen die Aufschaltzeit TA der aufeinander folgenden Empfangssignale 23a nennenswert größer ist als die Einschwingzeit TE des Phasenregelkreises. Als Kriterium für die Auslösung eines Umschaltbefehls S-P vom Scanning-Modus zum Phasen-Modus dient deshalb eine vorgegebene Aufschaltzeit TASP, welche vorzugsweise 5–10mal TE gewählt ist. Wenn die Aufschaltzeit TA die als Kriterium gewählte Zeit TASP erreicht, so wird der Signalpfad 2 32 durch Schließen des Signalpfadschalters 16 hinzugeschaltet, der Phasenregler mit Tiefpaß-Charakter 34 durch Freigabe durch das Phasenstellsignal 25 aktiviert und somit der Phasenregelkreis geschlossen. Aufgrund der mit Hilfe von TA geprüften hinreichend kleinen Störhäufigkeit kann der Phasenregelkreis einschwingen. Dieses Einschwingen kann mit einem beliebigen Paar aus den verfügbaren Empfangssignalen 23 erfolgen. Die optimale Auswahl der den beiden Signalpfaden 1, 2 31, 32 zugeführten Empfangssignale 23 aus den verfügbaren Empfangssignalen wird weiter unten beschrieben.

Treten aufgrund schlechter Empfangsverhältnisse für alle Empfangssignale 23 im Phasen-Modus im summierten Ausgangssignal 37 Empfangsstörungen auf, so werden diese vom schnell anzeigenden Störungsdetektor 18 festgestellt, das Zeitglied 27 aktiviert und über die Logikschaltung 14 und die Schalteinrichtung 11 zunächst sukzessive mindestens eines der Empfangssignale 23 ausgewechselt. Gleichzeitig wird mit jedem Auftreten des Störerkennungssignal 38 die Aufschaltzeit TA für das aufgeschaltete Paar der Empfangssignale 23 festgestellt. Als Kriterium für die Auslösung eines Umschaltbefehls P-S vom Phasen-Modus zum Scanning-Modus dient deshalb eine vorgegebene Aufschaltzeit TAPS, welche ebenfalls vorzugsweise 5–10mal TE gewählt ist. Wenn die Aufschaltzeit TA die als Kriterium gewählte Zeit TAPS erreicht, so wird der Signalpfad 2 32 durch Öffnen des Signalpfadschalters 16 abgeschaltet, der Phasenregler mit Tiefpaß-Charakter 34 durch das Phasenstellsignal 25 fest eingestellt und somit der Phasenregelkreis geöffnet. Das System ist damit auf den Scanning-Modus zu-

rückgeschaltet. Mit den Kriterien TAPS und TASP kann somit das System unter Berücksichtigung des Tiefpaßcharakters des Phasenregelkreises zwischen den beiden Betriebsmoden umgeschaltet werden und somit der Nachteil eines nicht zur Ruhe kommenden Phasenregelkreises in Gebieten mit häufig auftretenden Empfangsstörungen erfundungsgemäß vermieden werden.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung wird mit den Anordnungen in den Fig. 5-8 eine Strategie im Scanning-Modus dahingehend verfolgt, dass mit Hilfe des abgeschalteten Signalpfads 2 durch wechselweise Anschalten der verfügbaren Empfangssignale 23b die Störhäufigkeit der einzelnen Signale festgestellt und in der Logikschaltung 14 eine Prioritätsliste hinsichtlich der Störreinheit der Empfangssignale 23b aufgestellt wird. Somit liegt in der Logikschaltung 14 während des Betriebs im Scanning-Modus die Prioritätsliste stets aktualisiert vor. Wird das Kriterium TASP zur Umschaltung vom Scanning-Modus in den Phasen-Modus erfüllt, dann werden erfundungsgemäß diejenigen Signale den Signalpfaden 1 31 und 2 32 über die Schalteinrichtung 11 zugewiesen, welche die Prioritätsliste anführen. Das System kann somit mit den beiden besten Signalen im Phasen-Modus einschwingen. Damit ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Störungen im summierten Ausgangssignal 37 minimiert und die größtmögliche Ruhe des Systems gewährleistet. Im Phasen-Modus können in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung die Empfangsstörungen in den Empfangssignalen 23a und 23b jeweils gesondert festgestellt werden und bei Auftreten einer Störung im summierten Ausgangssignal 37 das schlechtere der beiden Empfangssignale 23a und 23b durch ein anderes verfügbares Empfangssignal 23 ausgetauscht werden. Dieser Austausch erfolgt in der Regel völlig ohne Störung des Ausgangssignals 37.

Mit der Anordnung in Fig. 5 wird diese Methode mit Hilfe des Signalpfadselektors 15, welcher von einem in der Logikschaltung 14 befindlichen Taktgeber 29 gesteuert wird, realisiert. Hierbei wird im Scanning-Modus der Störungsdetektor 18 wechselweise zwischen der Schaltstellung 1 und S zur Prüfung des Empfangssignals 23 im Signalpfad 2 bzw. des Empfangssignals 23 im summierten Ausgangssignal 37 durch den Taktgeber 29 umgeschaltet. Der Taktgeber 29 schaltet diese Signale jeweils über eine notwendige Prüfzeit an den Störungsdetektor 18, so dass in der Logikschaltung 14 ein Adresssignal 39 ausgesandt wird, wodurch zum einen bei Vorliegen einer Störung im summierten Ausgangssignal 37 eine Umschaltung des Empfangssignals 23a erfolgt und zum andern durch Prüfung des Empfangssignals 23b im Signalpfad 2 die Prioritätsliste für die verfügbaren Empfangssignale 23 aktualisiert wird. Auf diese Weise wird durch Einsatz eines Signalpfadselektors 15, welcher als Störungsdetektor mit extrem schneller Anzeige 18a realisiert ist, der aufwendige Einsatz mehrerer Störungsdetektoren 18 umgangen. Bei Erfüllung des TASP-Kriteriums schaltet das System in den Phasen-Modus um und den beiden Signalpfaden 31, 32 werden diejenigen Empfangssignale 23 zugeführt, welche mit höchster oder hoher Priorität in der Liste der Logikschaltung 14 aktualisiert vorliegen. Im Phasen-Modus wird der Signalpfadselektor 15 sequentiell jeweils über die notwendige Prüfzeit des Störungsdetektors 18 zwischen den drei Schaltstellungen umgeschaltet, so dass in diesem Modus die Störhäufigkeit sowohl der einzelnen Signale der beiden Signalpfade als auch des summierten Ausgangssignals 37 in der Logikschaltung 14 vorliegt. Bei Auftreten einer Störung im summierten Ausgangssignal 37 wird dann das Signal in dem Signalpfad ausgewechselt, welches die größere Störhäufigkeit besitzt. Zur Vermeidung hörbarer Störungen sollte hierfür die Störerkennungszeit des Stö-

rungsdetektors 18 nicht wesentlich größer als 50  $\mu$ s sein.

Bisher bekannte, schnell anzeigenende Störungsdetektoren 18, wie sie z. B. in P 33 26 062.9, P 33 34 735.2 und P 35 17 247.90 beschrieben sind, besitzen aufgrund ihrer Fähigkeit, Empfangsstörungen im summierten Ausgangssignal 37 in der erforderlichen Zeit von weniger als 50  $\mu$ s zu erkennen, eine vergleichsweise schlechte Auflösung hinsichtlich der Störgroße. Für die quantifizierte Feststellung der Störgroße zum Zwecke einer Reihung in der Prioritätsliste ist es deshalb wünschenswert, einen Störungsdetektor mit besserer Auflösung 18b, wie er z. B. aus der P 32 43 146.5-35 bekannt ist, zu verwenden. Deshalb wird in Fig. 6 in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung zur Aufstellung der Prioritätsliste ein Störungsdetektor mit besserer Auflösung 18b über den Signalpfadselektor 15 angeschaltet, welcher im Scanning-Modus das Signal im Empfangssignal 23b prüft. Die Prüfung des summierten Ausgangssignals 37 muß mit der notwendigen kurzen Prüfzeit mit Hilfe des Störungsdetektors mit extrem schneller Anzeige 18a geprüft werden. Nach Umschalten des Systems in den Phasen-Modus werden die Empfangssignale 23 in den beiden Signalpfaden 1, 2 31, 32 sequentiell durch Umschalten des Signalpfadselektors 15 geprüft.

In Fig. 7 ist in einer weiteren vorteilhaften Maßnahme ein zusätzlicher Störungsdetektor mit besserer Auflösung 18c eingeführt, so dass der Signalpfadselektor 15 entfallen kann. Dadurch wird die Qualität der Prioritätsliste weiterhin verbessert. Mit den Systemen in den Fig. 5 bis 7 läßt sich mit einer vorgegebenen Antennenanordnung die maximal erreichbare Diversity-Effizienz mit minimal störungsbehafteter Schaltaktivität realisieren.

In der modernen Empfängertechnik werden häufig Quadraturmodulatoren zur Frequenzumsetzung verwendet. In Fig. 8 ist in der Empfangseinrichtung mit je einem I-Frequenzumsetzer 44a, 44b und einem Q-Frequenzumsetzer 45a, 45b enthalten, welche von einem gemeinsamen Oszillator 6 angesteuert werden und die Ansteuerung der Q-Frequenzumsetzer über ein 90°-Phasendrehglied 42 erfolgt. Die zwischenfrequenten I- und Q-Signale werden in modernen Empfängerkonzepten in einem digital arbeitenden Prozessor 41 (DSP) weiter verarbeitet. Aufgrund der z. Z. noch begrenzten Bitrate in einem solchen Prozessor kann es deshalb notwendig sein, den extrem schnell anzeigenenden Störungsdetektor 18 als analog arbeitendes Element auszuführen und im Analogbereich des Empfängers anzuordnen. Die Gewinnung des vollständigen frequenzmodulierten zwischenfrequenten Signals erfolgt in beiden Signalpfaden 31, 32 mit Hilfe der Summationsglieder 35, deren Ausgänge mit den Klemmen 1 und 2 im Signalpfadselektor 15 angeschlossen sind. Zur Bildung des summierten Ausgangssignals 37 ist ein weiteres Summationsglied 35 vorhanden, in welchem die Signale  $\Sigma I$  und die Signale  $\Sigma Q$  addiert werden und der Klemme S des Signalpfadselektors 15 zugeführt werden. Die Regelung der Phase im Signalpfad 2 32 erfolgt durch Amplitudeneinstellungsglieder 46a, 46b, welche vorzugsweise von dem DSP 41 zur Regelung der Phase angesteuert werden. Aufgrund der verhältnismäßig langsamen Regelvorgänge kann die Einstellung der Phase auch bei begrenzter Datenrate des DSP 41 erfolgen.

Die künftige Entwicklung in der Mikroelektronik lässt erwarten, dass schon in naher Zukunft Datenraten von solcher Größe zu erwarten sind, dass auch die schnelle Störerkennung im DSP 41 im Rahmen der digitalen Signalverarbeitung durchgeführt werden kann. Damit kann die gesamte oben geschilderte Strategie zur Auswertung der verfügbaren Empfangssignale 23 als entsprechend gestaltete Software für den digitalisierten Signalprozess im DSP 41 erfolgen.

## Bezugszeichenliste

1 FM-Empfänger	5
2 Mischer	
3 Masse	
4 Empfangseinrichtung	
5 Auswahlschalter (mehrpolig)	
6 Oszillator	
7 Impedanz	
8 Umschalter (zweipolig)	10
9 Steuerleitung zu den Auswahlschaltern	
10 Störungsanzeigesignal	
11 Schalteinrichtung	
12 Antennenleitung	
13 Selektionsschaltung	15
14 Logikschaltung	
15 Signalpfadselektor	
16 Signalpfadschalter	
17 Leerstelle	
18 Störungsdetektor	20
18a Störungsdetektor m. extrem schneller Anzeige	
18b Störungsdetektor m. besserer Auflösung	
18c Störungsdetektor m. besserer Auflösung	
19 ZF-Signal	
20 Empfänger	25
21 Antennenanlage mit Schalteinrichtung (Mehrantennenanlage)	
22 Antennenanschlussstelle	
23 Empfangssignal	30
24 Taktsignale	
25 Phasenstellsignal	
26 Signalbewertungsprozessor	
27 Zeitglied	
28 Wartezeit	
29 Taktgeber	35
30 Prüfzeit	
31 Signalpfad 1	
32 Signalpfad 2	
33 Phasendreh(glied)einrichtung	
34 Phasenreg(ler)eleinrichtung mit TP-Charakter	40
35 Summationsglied	
36 Übertragungsblock zur Hilfsmodulationserzeugung	
37 summiertes Ausgangssignal	
38 Störerkennungssignal	
39 Adresssignal	45
40 ZF-Filter	
41 DSP	
42 90°-Phasendrehglied	
43 Summensignalpfad	50
44 I-Frequenzumsetzer	
45 Q-Frequenzumsetzer	
46a, 46b Amplitudeneinstellungsglieder	

## Patentansprüche

1. Antennendiversityanlage zum Empfang des frequenzmodulierten Rundfunks mit phasengeregelter Summation von Antennensignalen für Fahrzeuge mit einer Mehrantennenanlage (21) mit mindestens zwei Antennenausgangssignalen und einer Empfangseinrichtung (4) mit je einem Eingang für einen ersten (31) und einen zweiten (32) Empfangssignalpfad, von denen der zweite der beiden Empfangssignalpfade eine durch eine Phasenregeleinrichtung (34) gesteuerte Phasendrehreinrichtung (33) enthält, an deren Ausgang das Empfangssignal die gleiche Phase besitzt wie im ersten Signalpfad (31) und die beiden Empfangssignale (23a, 23b) in einem Summationsglied (35) phasengleich

summiert sind und das summierte Signal (37) der Frequenzdemodulation zugeführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrantennenanlage (21) eine steuerbare logische Schalteinrichtung (11) enthält, bei der mit unterschiedlichen Schaltstellungen der Auswahlschalter (5) jeweils ein diversitätsmäßig unterschiedliches Empfangssignal (23) an mindestens einen der beiden Eingänge der Empfangseinrichtung (4) zugeführt ist und das summierte Signal (37) einem Störungsdetektor (18) zur extrem raschen Erkennung eines durch Frequenzstörhub gestörten Summensignals (37) zugeführt ist, dessen Störungserkennungssignal (38) bei Vorliegen einer Empfangsstörung die logische Schalteinrichtung (11) in eine andere Schaltstellung wechselt und die Phasenregeleinrichtung (34) Tiefpasscharakter zur Begrenzung der Phasenregelgeschwindigkeit besitzt (Fig. 1, Fig. 2).

2. Antennendiversityanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der steuerbaren logischen Schalteinrichtung (11) eine Liste mit einer vorgegebenen vorteilhaften Reihung der Schaltstellungen der Auswahlschalter (5) bzw./und der Umschalter (8) in einem Speicher abgelegt ist, so dass bei Anzeige einer Störung im Summensignal (37) mit minimaler Umschaltzeit zunächst dem einen der beiden Signalpfade (31, 32) und bei einer darauf folgenden Störungsanzeige dem anderen der beiden Signalpfade (31, 32) wechselweise ein anderes Empfangssignal (23) zugeführt ist (Fig. 3).

3. Antennendiversityanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Signalbewertungsprozessor (26) vorhanden ist, in dem der Störungsdetektor (18) und ein Zeitglied (27) zur Feststellung der Zeitintervalle TS zwischen aufeinanderfolgenden Störungsanzeigen und eine Logikschaltung (14) enthalten sind und die Zeitintervalle TS in der Logikschaltung (14) mit der Einschwingzeit TE der Phasenregeleinrichtung (34) verglichen ist bzw. sind und bei einmaliger bzw. mehrfacher Unterschreitung einer geeigneten vorgegebenen Aufschaltzeit TAPS, welche kleiner oder jedenfalls nicht wesentlich größer als die Einschwingzeit TE gewählt ist, ein elektrischer Umschaltbefehl P-S zur Umschaltung vom Phasen-Modus zum Scanning-Modus erzeugt ist (Fig. 4).

4. Antennendiversityanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem elektrischen Umschaltbefehl zur Umschaltung vom Phasen-Modus zum Scanning-Modus ein Phasenstellsignal (25) in der Logikschaltung (14) zur Auf trennung des Phasenregelkreises und zur Feststellung des Phasendrehglieds (33) auf einen zeitlich konstanten Phasenwert erzeugt ist und mindestens einem der beiden Signalpfade (31, 32) bei Anzeige einer Störung durch den Störungsdetektor (18) über ein von der Logikschaltung (14) generiertes und an die logische Schalteinrichtung (11) geleitetes Adresssignal (39) ein anderes Empfangssignal (23) zugewiesen ist und das System im Scanning-Modus arbeitet (Fig. 4).

5. Antennendiversityanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass für den Betrieb im Scanning-Modus über die Logikschaltung (14) beiden Signalpäden (31, 32) dasselbe Empfangssignal (23) zugeleitet ist und das Phasendrehglied (33) derart fest eingestellt ist, dass im Summationsglied (35) eine gleichphasige Überlagerung der Signale aus den Signalpäden (31, 32) gegeben ist (Fig. 4).

6. Antennendiversityanlage nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass für den Betrieb im Scan-

ning-Modus die Zeitintervalle TS zwischen aufeinanderfolgenden Störungsanzeigen in der Logikschaltung (14) laufend registriert und den Schaltstellungen in der Antennenanlage mit Schalteinrichtung (21) in einer Tabelle zugeordnet sind und diese Tabelle zur laufenden Fortschreibung einer Prioritätsliste nach fallenden Zeitintervallen TS sortiert sind und bei Anzeige einer Störung durch den Störungsdetektor (18) die Logikschaltung (14) über ein Adressignal (39) auf ein anderes Empfangssignal (23) mit höchster bzw. hoher Priorität umgeschaltet wird.

7. Antennendiversityanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Signalpfadselektor (15) vorhanden ist, an welchen eingangsseitig die Signalpfade 1 und 2 (31, 32) und der Summensignalpfad (43) angeschlossen sind und ausgangsseitig der Störungsdetektor (18) angeschaltet ist und in der Logikschaltung (14) ein Taktgeber (29) vorhanden ist, welcher jeweils über eine zur Anzeige von Störungen im Störungsdetektor (18) notwendige Prüfzeit (30) den Signalpfadselektor (15) zur Prüfung in jeweils einen der Signalpfade zum Störungsdetektor (18) durchschaltet (Fig. 5).

8. Antennendiversityanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass für den Betrieb im Scanning-Modus dem Summationsglied (35) nur ein Empfangssignal (23) eines der beiden Signalpfade 1 und 2 (31, 32) (z. B. Signalpfad 1 (31)) durch Öffnen eines im anderen Signalpfad (z. B. Signalpfad 2 (32)) vor dem Summationsglied (35) befindlichen Signalpfadselektors (16) zugeleitet ist und die Logikschaltung (14) in Verbindung mit dem Taktgeber (29) derart gestaltet ist, dass in aufeinanderfolgenden Taktperioden zum einen durch Umschalten des Signalpfadselektors (15) zwischen den beiden Signalpfaden 1 und 2 (31 und 32) in Verbindung mit dem sequentiellen Anschalten unterschiedlicher Empfangssignale (z. B. Empfangssignal 23b) durch die Logikschaltung (14) eine Prioritätsliste hinsichtlich der Störreinheit der Empfangssignale (z. B. Empfangssignal 23b) stets aktualisiert vorliegt und zum anderen, dass bei Einstellung des Signalpfadselektors (15) auf den Summensignalpfad (43) und einer dort auftretenden Störung dem Summationsglied (35) über die Logikschaltung (14) ein unterschiedliches, gemäß der in der Logikschaltung (14) vorliegenden Prioritätsliste bekanntes Empfangssignal (z. B. Empfangssignal 23a) mit höchster oder hoher Priorität zugeleitet ist (Fig. 5).

9. Antennendiversityanlage nach Anspruch 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einmaliger bzw. mehrfacher Überschreitung der vorgegebenen Aufschaltzeit TASP im Scanning-Modus, welche mindestens gleich groß, vorzugsweise jedoch wesentlich größer als die Einschwingzeit TE gewählt ist, ein elektrischer Umschaltbefehl S-P vom Scanning-Modus zum Phasen-Modus erzeugt ist (Fig. 4-8).

10. Antennendiversityanlage nach Anspruch 9 in Verbindung mit Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei Auftreten des elektrischen Umschaltbefehls S-P zur Umschaltung vom Scanning-Modus zum Phasen-Modus über das Phasenstellsignal (25) in der Logikschaltung (14) die Schließung des Phasenregelkreises bewirkt ist und der Signalpfadselektor (16) durch ein Signal der Logikschaltung (14) geschlossen wird und für den zugehörigen Signalpfad (z. B. Signalpfad 2 (32)) durch ein Adressignal (39) und die daraus resultierende Einstellung der Schalteinrichtung (11) ein Empfangssignal mit höchster oder hoher Priorität aus der Prioritätsliste ausgewählt ist.

11. Antennendiversityanlage nach Anspruch 9 in Verbindung mit Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Anzeige von Störungen im Summensignal ein Störungsdetektor mit extrem schneller Anzeige (18a) permanent angeschlossen ist und ein Störungsdetektor mit besserer Auflösung (18b) vorhanden ist, welcher an einen zwischen den beiden Signalpfaden 1 und 2 (31, 32) getakteten Signalpfadselektor (15) angeschlossen ist, an dessen Ausgang die Störungsanzeigen signale (10) für beide Signalpfade 1 und 2 (31, 32) wechselnd mit guter Auflösung ihrer Größe der Logikschaltung (14) zugeleitet sind (Fig. 6).

12. Antennendiversityanlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zum Zwecke der permanenten Verfügbarkeit der Störungsanzeigen signale (10) für beide Signalpfade 1 und 2 (31, 32) jeweils ein gesonderter Störungsdetektor mit besserer Auflösung (18b bzw. 18c) vorhanden ist (Fig. 7).

13. Antennendiversityanlage nach Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinrichtung (4) als Überlagerungsempfänger gestaltet ist und das Phasendrehglied (33), das Summationsglied (35) und der Störungsdetektor (18) bzw. die Störungsdetektoren (18a, b, c) in die Zwischenfrequenzebene eingebracht sind (Fig. 4 bis 8).

14. Antennendiversityanlage nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Überlagerungsempfänger mit jeweils einem I- und Q-Frequenzumsetzer zur Erzeugung der Inphase- und der Quadratur-Komponente der zwischenfrequenten Empfangssignale (23) in den Signalpfaden 1 und 2 (31, 32) mit getrennter Gewichtung der I-Q-Komponenten zur Phaseneinstellung über ein Phasendrehglied (33) mit Phasenregler mit TP-Charakter (34) und mit Summationsgliedern (35) zur Zusammenfassung der I-Q-Komponenten jeweils zur Erzeugung des vollständigen frequenzmodulierten Zwischenfrequenzsignals zur schnellen Detektion von Störungen im analog arbeitenden Störungsdetektor (18) vorhanden ist (Fig. 8).

15. Antennendiversityanlage nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die I- und Q-Komponenten am Ausgang des Summensignalpfads (43) in einem digital arbeitenden Signalprozessor DSP (41) digitalisiert und weiter verarbeitet sind.

16. Antennendiversityanlage nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die I- und Q-Komponenten am Ausgang der I- und Q-Frequenzumsetzer (44a, 45a und 44b, 45b) in einem digital arbeitenden Signalprozessor DSP (41) digitalisiert sind und alle Funktionen der Ansprüche 1 bis 13 durch digitale Signalprozesse realisiert sind.

17. Antennendiversityanlage nach Anspruch 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschwingzeit des Regelkreises für schnelle Fahrt hinreichend klein, jedoch zur Vermeidung eines durch den Regelvorgang hörbaren Störfrequenzhubs nicht zu klein, d. h. vorzugsweise in der Größenordnung von  $TE = 20 \text{ msec}$  bis  $50 \text{ msec}$  gewählt ist und dass die vorgegebene Aufschaltzeit TASP im Scanning-Modus als Kriterium zur Auslösung des elektrischen Umschaltbefehls S-P vom Scanning-Modus zum Phasen-Modus vorzugsweise 5 bis 10mal TE gestaltet ist und dass die vorgegebene Aufschaltzeit TAPS im Phasen-Modus als Kriterium zur Auslösung des elektrischen Umschaltbefehls P-S zur Umschaltung vom Phasen-Modus zum Scanning-Modus vorzugsweise ebenfalls im Bereich 5 bis 10mal TE gestaltet ist.

18. Antennendiversityanlage nach Anspruch 1 bis 14,

dadurch gekennzeichnet, dass der Störungsdetektor mit extrem schneller Anzeige (18a) derart gestaltet ist, dass die Anzeige einer Störung unter Berücksichtigung von Filterlaufzeiten innerhalb von 50  $\mu$ sec, jedenfalls unter 100  $\mu$ sec gegeben ist, und dass der Störungsdetektor mit besserer Auflösung (18b, 18c) derart gestaltet ist, dass die Anzeige einer Störung unter Berücksichtigung von Filterlaufzeiten innerhalb von 1 msec bis 5 msec gegeben ist. 5

19. Antennendiversityanlage nach Anspruch 7 und 18, 10 dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfzeit (30) möglichst kurz und somit vorzugsweise zwischen einmal und zweimal so groß gewählt ist wie die benötigte Zeit zur Anzeige einer Störung durch den Störungsdetektor mit extrem schneller Anzeige (18a). 15

20. Antennendiversityanlage nach Anspruch 1 bis 19, 20 dadurch gekennzeichnet, dass das Phasendrehglied (33) durch den Phasenregelkreis im Phasen-Modus derart eingestellt ist, dass das Signal-Störverhältnis zu jedem Zeitpunkt maximal ist.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

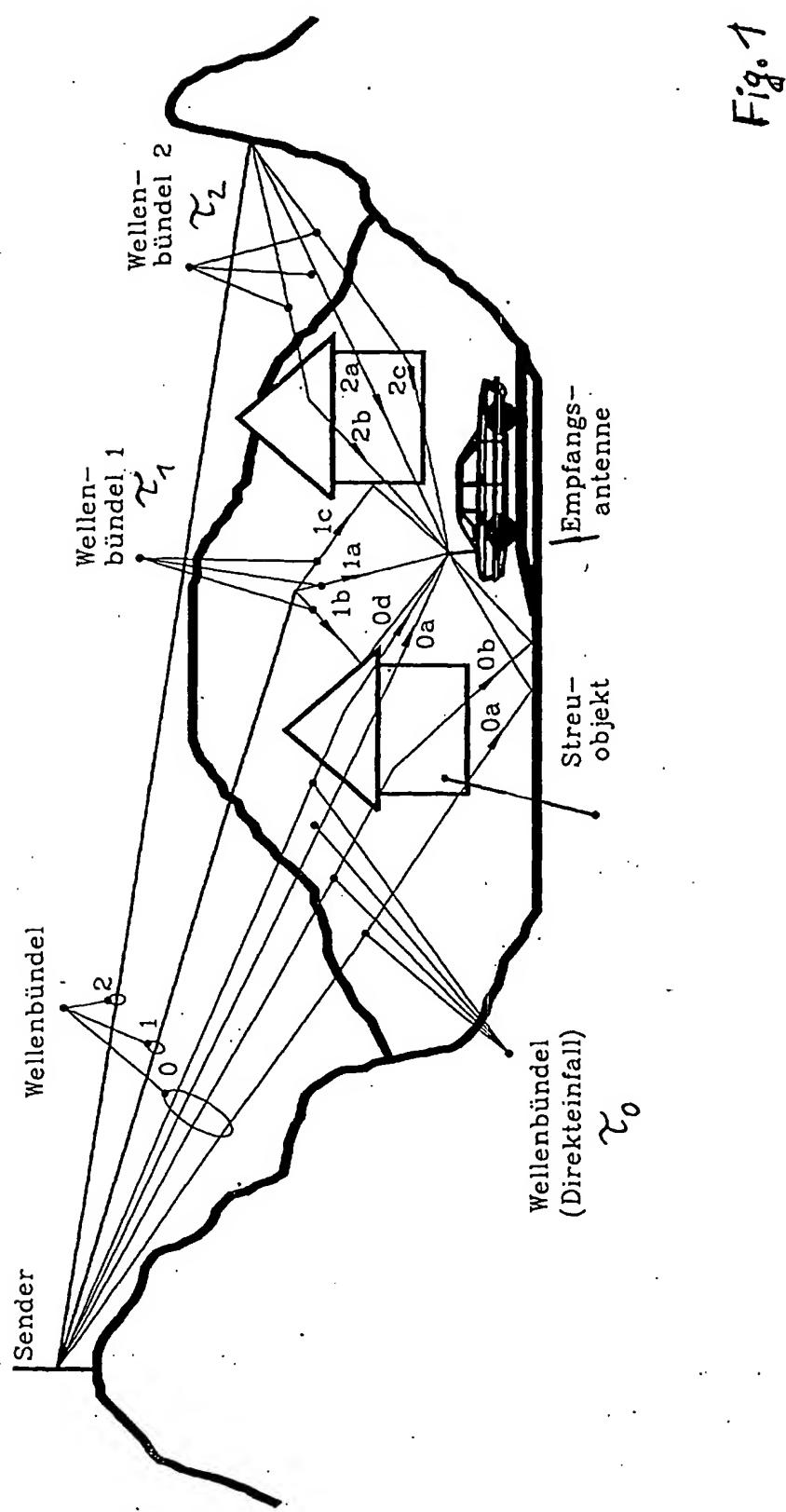
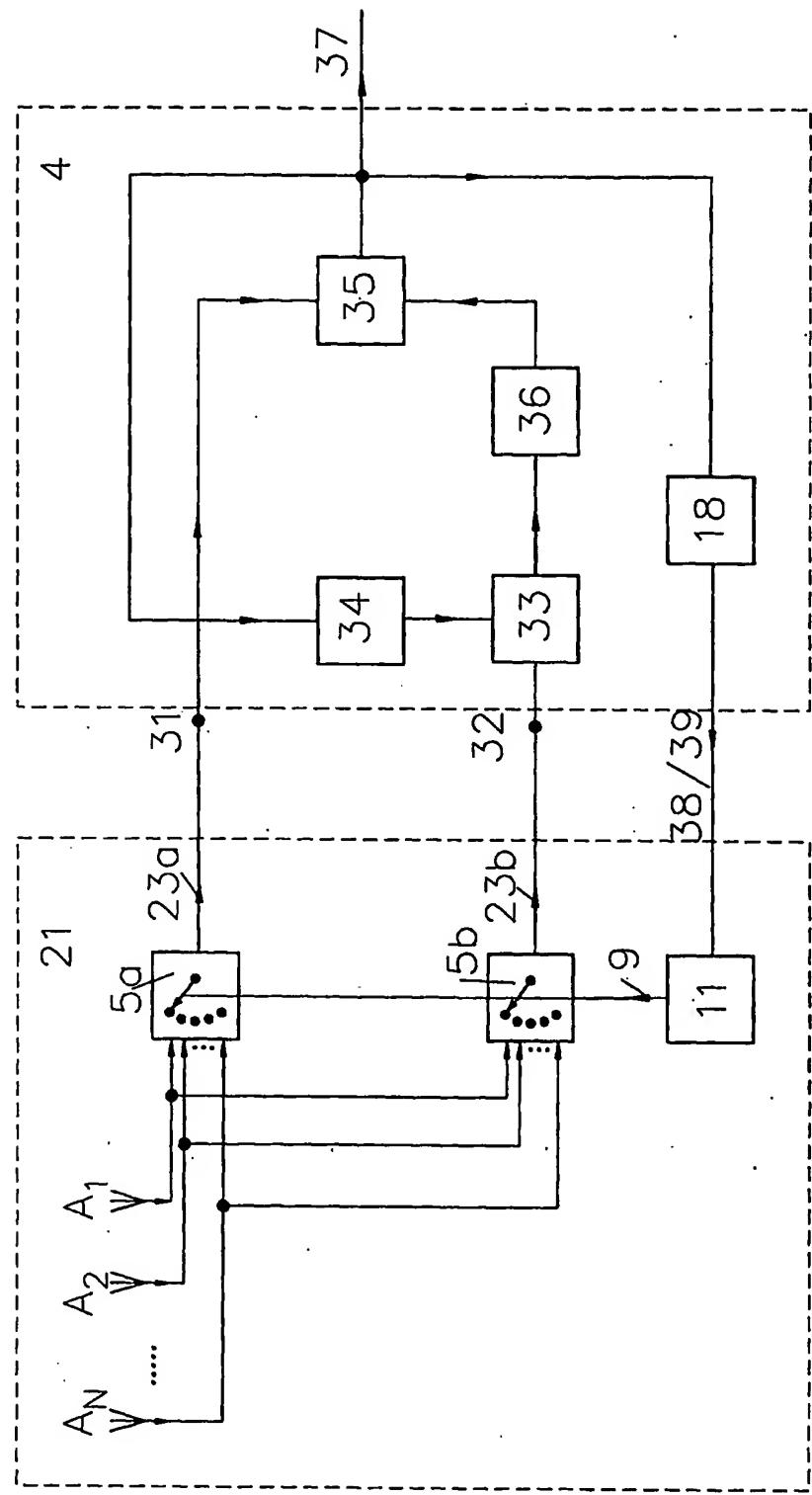


Fig. 2



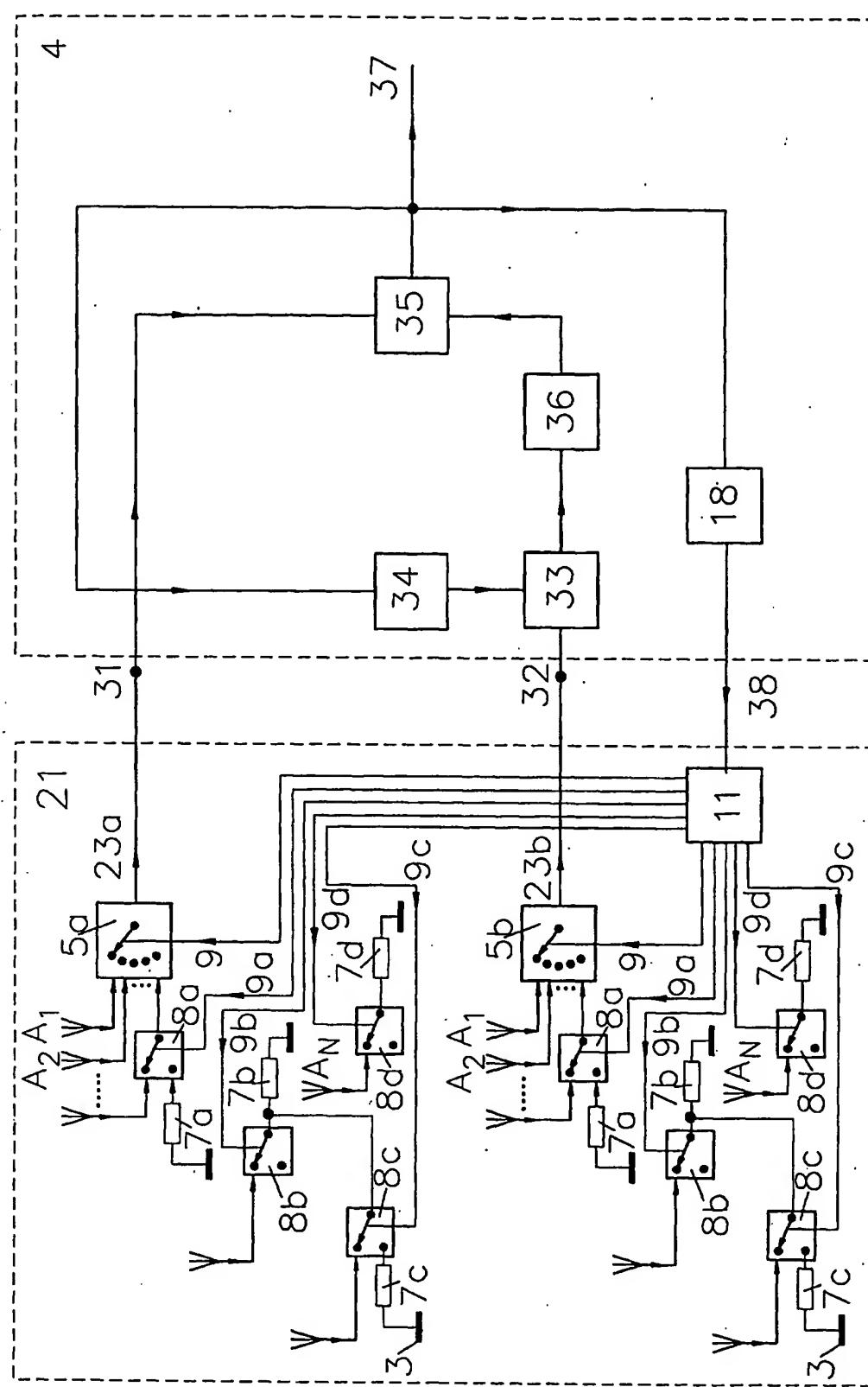


Fig. 3

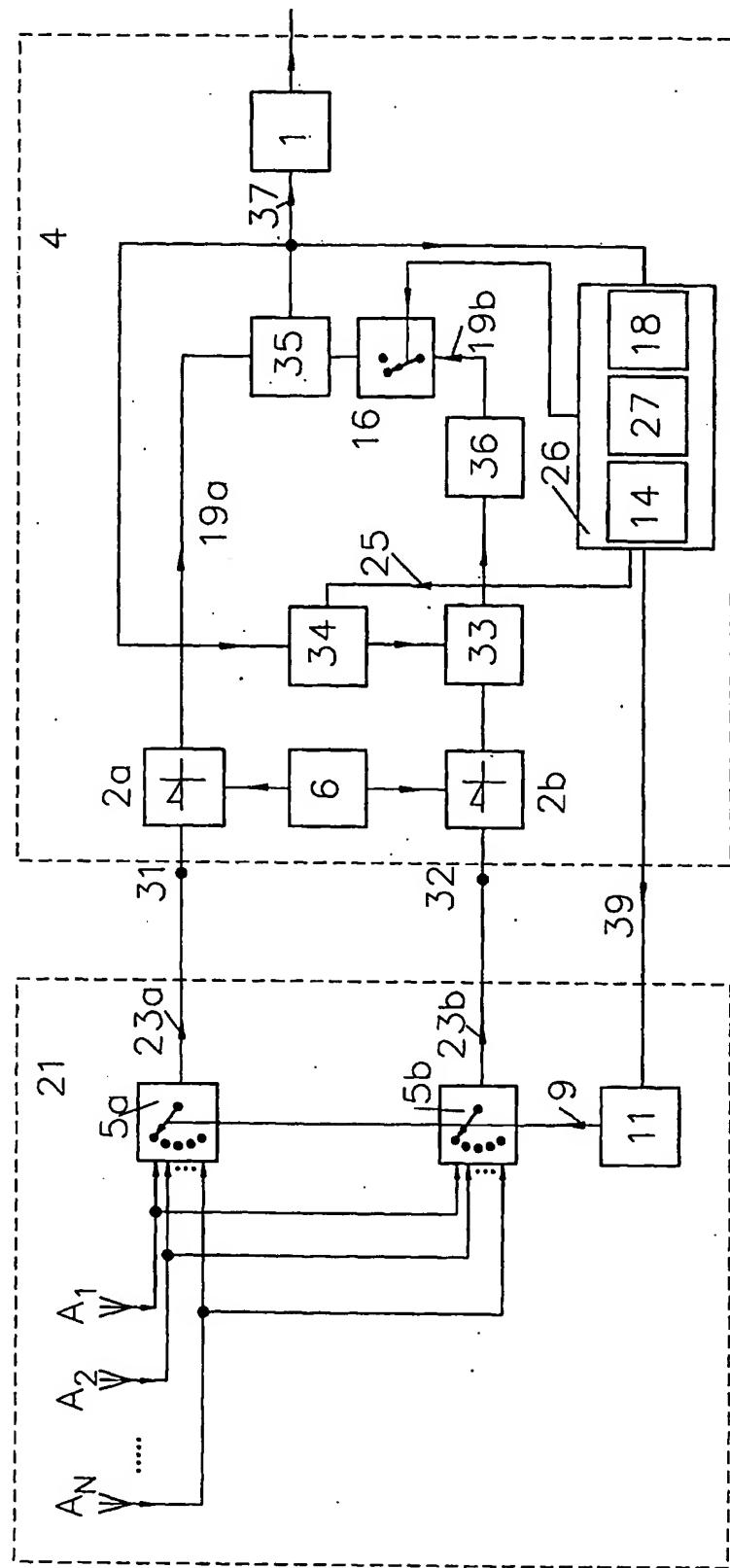
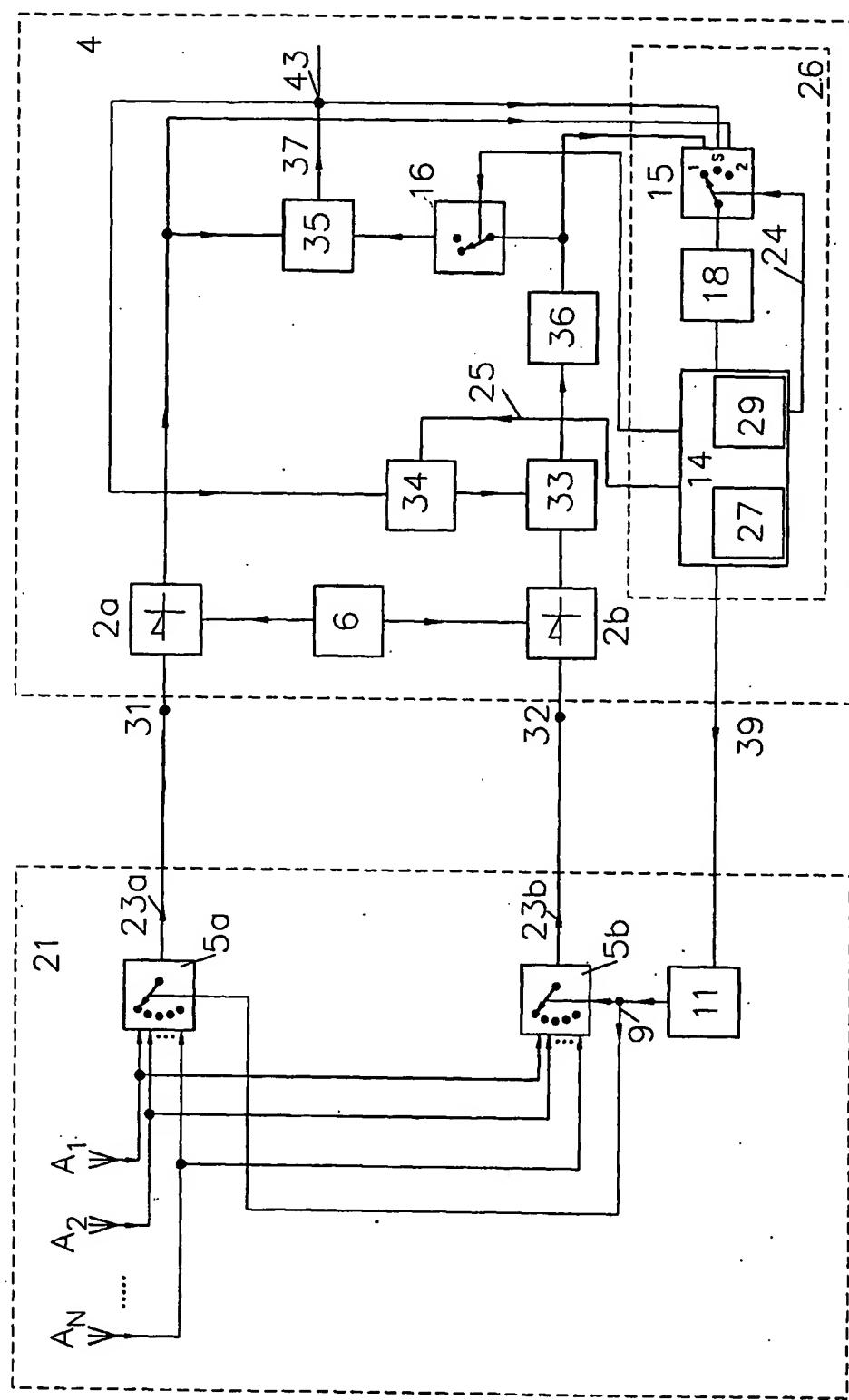


Fig. 4

Fig. 5



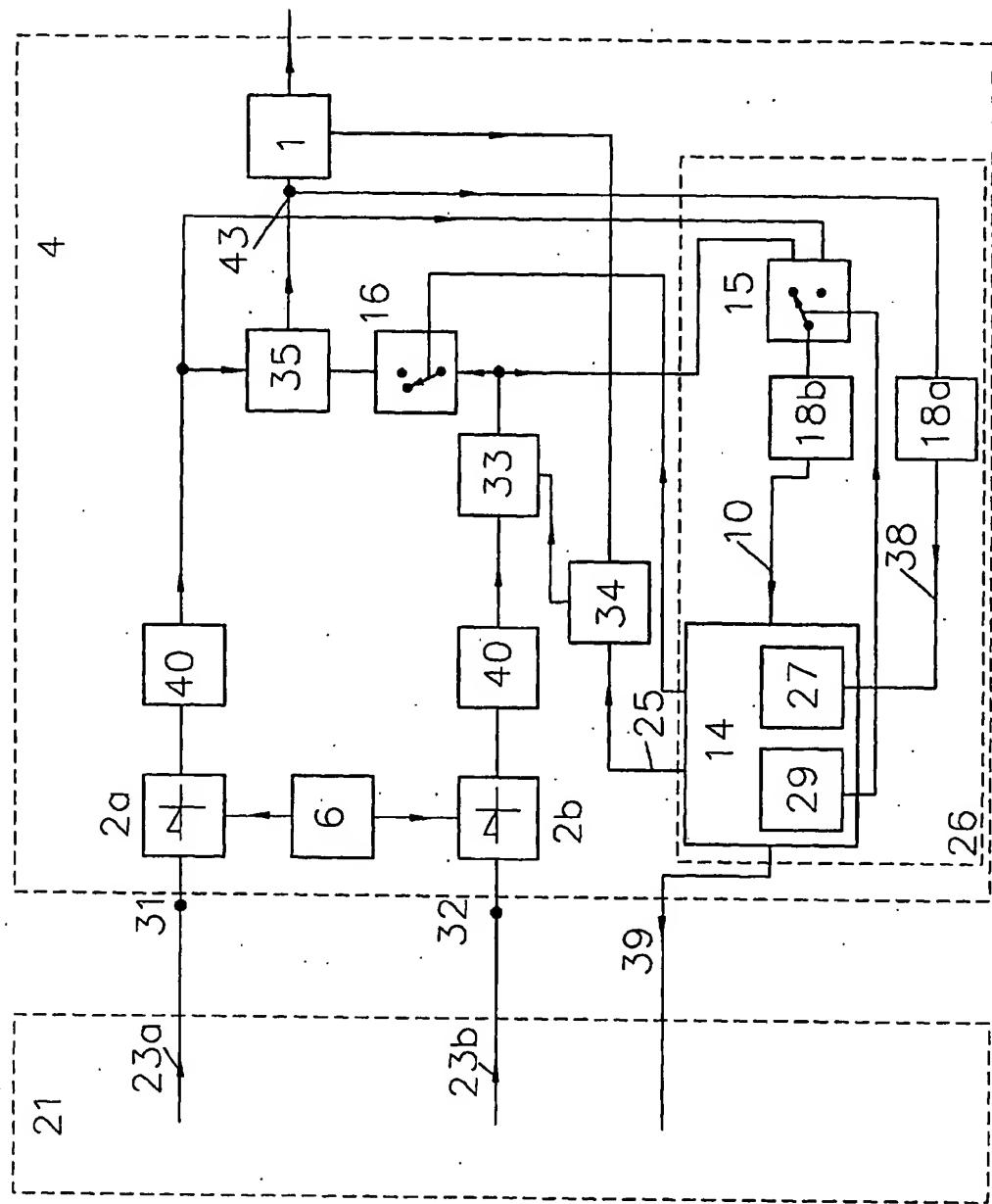


Fig. 6

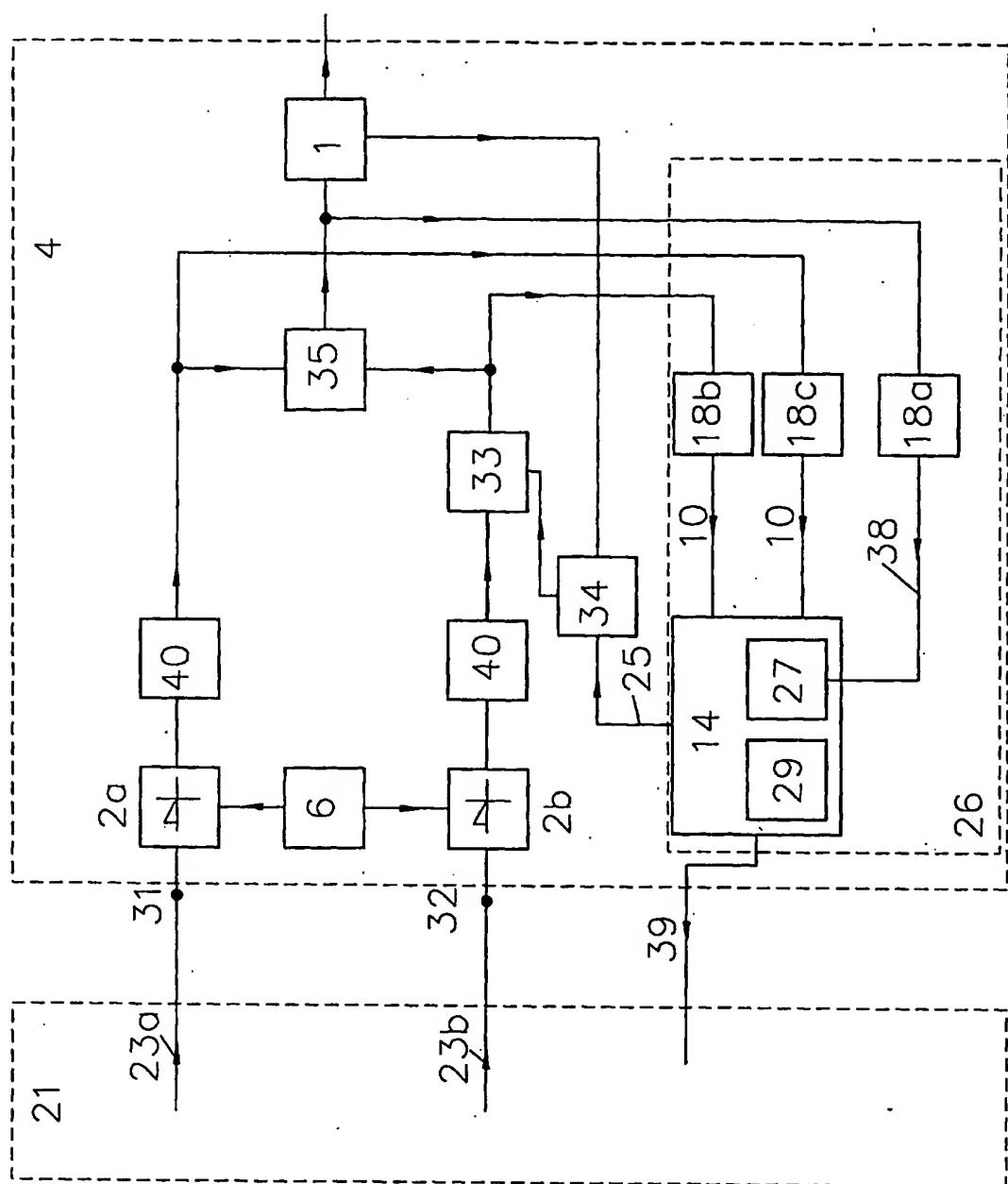


Fig. 7

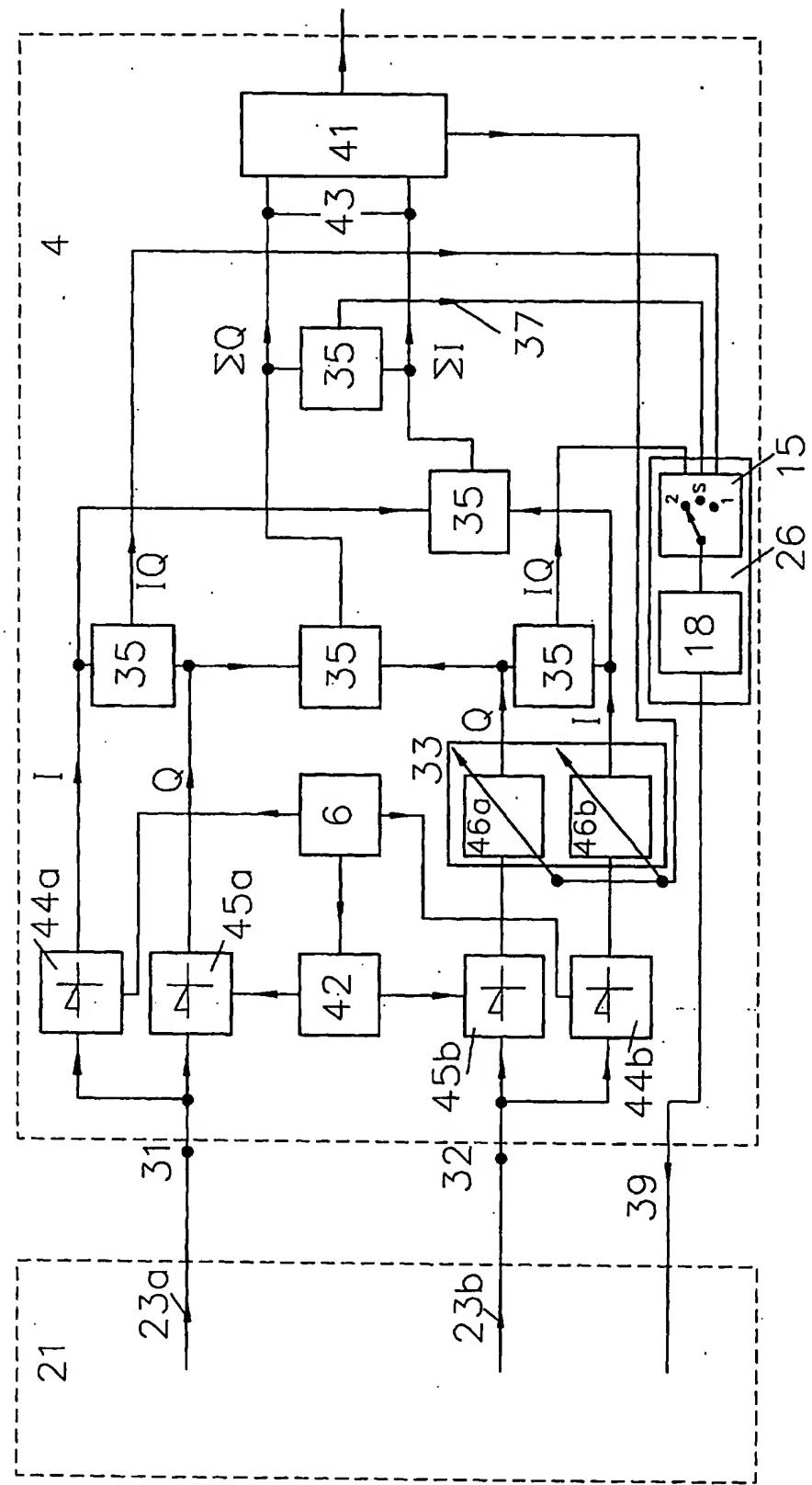


Fig. 8

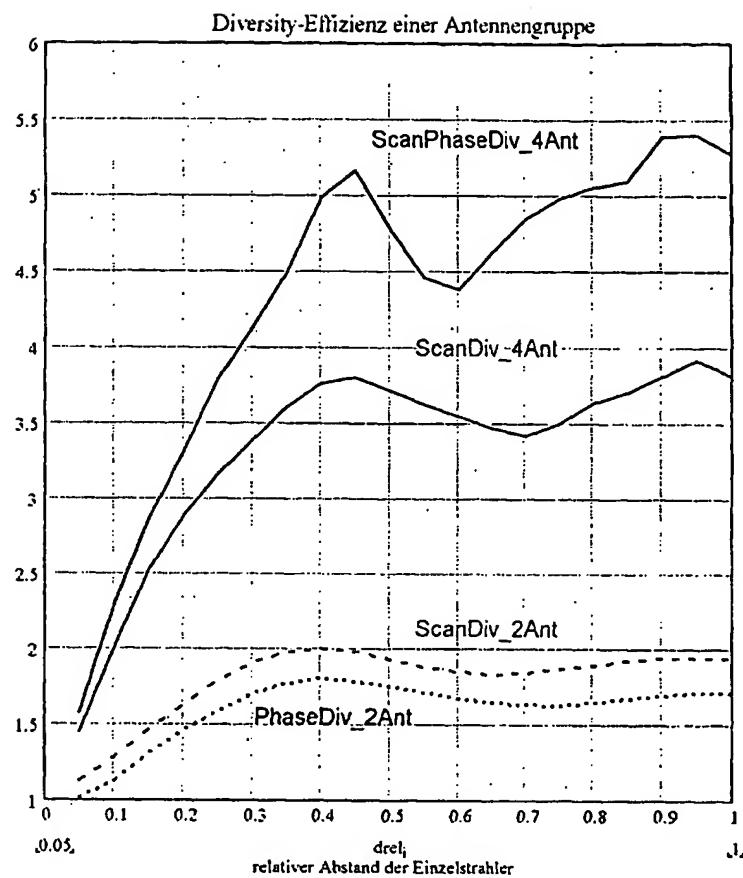


Fig. 9